

着用快適感に及ぼす吸汗性合成繊維の影響

三ツ井 紀子

Effect of Sweat-absorbable Synthetic Fabrics on Wear Comfort

Michiko MITSUI

The effects of physical properties on wear comfort and microclimate between cloth and skin under exercise were studied using Nylon and modified ones.

Experiments were conducted in a climatic chamber under the condition of 22.7°C, 11.0g/m³ A.H. 10cm/sec of air movement. A subject took a 21 minutes exercise on the treadmill. Local temperatures and vapor pressures were measured inside and outside of the fabrics at chest and back. Pulse rate, oral temperature, mean skin temperature and body weight loss were measured during experiment. The subject marked a ballot to communicate her sense of sweating, soaking, thermal sensation and comfort sensation.

Microclimates were similar in temperature, whereas different in humidity. Absolute humidities of microclimate in the sample L clothed subject were higher than those of microclimate in the other fabrics. Body weight losses were similar in absolute humidities of microclimate between cloth and skin. Sense of sweating, soaking and comfort sensation closely related to moisture in clothing. Sweating, soaking, thermal and comfort sensation of the subject worn regular Nylon were different from that of the subject worn modified ones, comparing with almost the same physical properties of these fabrics.

I 緒 言

衣服の快適性は、心理的、実用的、生理的に満足感が得られることに基因するが、生理的快適性にも、汗に関する快適性、保温に関する快適性、動作適合性に関する快適性など、多くの要因を含んでいる。汗や保温に関する快適性を、衣服を通しての熱と水分の移動としてとらえると、衣服材料の組成や組織、およびそれらの物理化学的性能が大きく影響していると考えられる。¹⁾²⁾³⁾

近年、各社より発表されている吸湿または吸水性合成繊維は強度、形態安定性、乾燥の速さなどにおいて、汗を吸いとりやすい綿などに比べ優れていると宣伝されており、これらはジョギングパンツなど運動衣服、旅行用下着、福祉用衣料に用いられている。

吸湿性または吸水性合成繊維布としては、表面に科学処理を施したり、樹脂加工を施したりしたもの、繊維中に多数の微細空孔を設け多孔性にしたもの、および異形断面にしたものなどがある。

そこで、吸汗性として吸湿性または吸水性の優れた合成繊維布と通常合成繊維布を用い、着用実験を行い、運動中およびその前後の衣服内外の温度・湿度を計測し、平均皮膚温、体重減少量などを求め、衣服下気候と、被験者の発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感、温冷感覚、快

適感覚との関係について検討した。

II 実験方法

1) 試料およびその物理的性質の測定法

試料は、レギュラーナイロン(X社製)、化学改質ナイロン(X社製)、異形断面ナイロン(Y社製)、いずれもナイロン100%トリコットである。以後それぞれをsampleL, sampleM, sampleNと呼ぶことにする。各布より、長袖、丸首のシャツを各3枚、計9枚作製し用いた。シャツは前開きでマジックテープで密着できるようにした。各試料は、使用する前に、濃度0.133%の陰イオン界面活性剤で精練した。

sampleMは、ナイロンの内部に親水性化合物を適切量導入することにより、綿並の吸湿性、透湿性を付与したものである。

sampleNは、特殊構造をしており、吸水・吸汗性、拡散性、速乾性に優れている。

試料の物理的性質の測定は、JIS L 1018(メリヤ生地試験方法)に準じ行った。厚さは、厚さ測定機により、240gf/cm²の加圧10秒後の厚さを測定した。30×30cmの試験片より標準状態における質量を測定し、単位面積あたり

Table 1 Subjective sensation rating chart.

Sample	Sense of sweating	Sense of soaking	Comfort sensation	Thermal sensation
4	————	Dripping wet	————	4 Very hot
3	Very much	Wet	Intolerable	3 Hot
2	Much	Damp	Uncomfortable	2 Warm
1	A little	Moist	Slightly uncomfortable	1 Slightly warm
0	Not at all	Dry	Comfortable	0 Neutral
				-1 Slightly cool
				-2 Cool
				-3 Cold
				-4 Very cold

Table 2 Properties of fabrics.

		Sample L	Sample M	Sample N
Thickness	(mm)	0.267	0.302	0.304
Weight	(g/m ²)	69.69	95.28	82.68
Density	(g/cm ³)	0.261	0.316	0.272
Porosity	(%)	78.14	73.53	77.21
Air Permeability	(cc/cm ² /sec)	336.0	231.0	309.6
Thermal insulation	(%)	12.6	12.7	12.0
Moisture transmission [g/(m ² ·h)]		76.26	69.29	81.68
Water absorption	(mm)	8.8	13.3	7.9
Water repellency	(%)	0	0	0

の質量を求めた。厚さと単位面積あたりの質量より見掛密度を求めた。見掛密度、公定水分率、繊維の比重より含気率を求めた。通気性は、フラジール形試験機を用い、試験片を通過する空気量を求めた。保温率は、恒温法により、消費電力量 (watt/時) による式を求めた。透湿性は、透湿カップを用い、ウォータール法により透湿度を求めた。吸水性は、バイレック法により10分後の吸水高さを測定した。撥水性は、スプレーテスターにより行った。

2) 着用実験

(1) 実験条件

被験者は、19才、身長158cm、体重52.0kgの女子1名である。被験者は1日に午前、午後の2回着用し、同一素材のシャツが、午前だけ午後だけにかたよらないよう考慮した。1枚のシャツを繰り返し着用すると、毎回洗濯しなければならず、着用による油脂の吸着、洗濯による界面活性剤の吸着、機械力の影響などにより、収縮率、

剛軟性、吸水性、吸湿性が変化するため⁴⁾、毎回新品を着用するようにした。衣服の密着度、ゆとり量を考慮すると、ほぼ同じ体格の被験者を探さなければならないが、被験者間には感覚に個人差があるため、異なった基準の数値を平均して評価するのも無理があると考え、今回は、被験者は1人とし、すべてのシャツを着用してもらい、試料間の差を明確にしようと試みた。

着用実験は、壁温と気温が等しい人工気候室内で、温度 $22.7 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度 $11 \pm 1\text{g/m}^3$ 、気流 10cm/sec の一定環境条件下で行った。また、前日より人工気候室内に置いて調湿した各種試料を、肌に密着して着用し、毎回同じショーツ (綿100%)、トレーニングズボン (ポリエステル100%)、ソックス (綿100%)、運動靴を着用した。シャツは、ウエスト部分をゴムベルトで締めた。

被験者は実験開始30分以上前に人工気候室に入室し、シャツを着用し、センサなどをつけ、安静を保った。センサは $2.7 \times 1.4 \times 0.6\text{cm}$ の小さなもので、皮膚面およびシャツ上に、透湿面をふさがないように、センサの上部およ

び下部を透湿性のあるサージカルテープで固定した。着用実験は、人体天秤上で21分間の安静椅座位の後、21分間歩行運動をし、再び人体天秤上で33分間安静にし、計75分間行った。歩行運動は、5度に傾斜させたトレッドミル上で、61m/minで行った。

実験は1989年7月に行った。

(2) 測定項目

衣服下気候としての温度・湿度の測定部位は、胸部と背部とし、さらにシャツを通しての熱と水分の移動をみるため、同じ部位でのシャツの表面上を加えた。データを1分間隔で連続的にデータロガーTRH-DM（日本工学社製）に収録し、後にコンピューター処理した。発汗状態下で湿度を測定するため、有機高分子薄膜による湿度センサ（神栄株式会社製）を、通気性、透湿性のあるゴアテックス布（ゴアテックス社製）でカバーして⁹⁾、各部の皮膚上、衣服上にサージカルテープで固定した。

心拍数は、ハートレイトアナライザー（竹井機器工業株式会社製）を用いて、30秒間隔で測定した。口腔温を電子体温計で、3分間隔で測定した。平均皮膚温は、マイクロメモリーコードTX-3006（日本工学社製）を用い、ふくらはぎ、すね、背下部、胸、手の甲、肩甲骨の6箇所に取り付け測定した。次式より平均皮膚温を算出した。

$$\text{平均皮膚温} = (\text{ふくらはぎ値} \times 0.142) + (\text{すね値} \times 0.167) + (\text{背下部値} \times 0.15) + (\text{胸値} \times 0.218) + (\text{手の甲値} \times 0.143) + (\text{肩甲骨値} \times 0.181)$$

Fig. 1 に平均皮膚温測定部位を示す。体重減少量は、感度1gの人体天秤（島津製作所製）で経時的に求めた。

着用実験中、3分間隔で、主観的な発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感、温冷感覚、快適感覚について、被験者に申告させた。Table 1 に申告に用いた各種主観的感覚のスケールを示す。

III 実験結果および考察

結果はすべて、各試料3枚による3回の着用実験結果の平均値で示した。

Table 2 に、試料の物理的性質測定結果を示した。厚さは、sampleLがやや薄かった。sampleMは、他より質量、見掛密度がやや大きく、その結果含気率はやや小さかった。通気性は、大きい順にsampleL, sampleN, sampleMであった。保温性は、sampleNが他に比べやや小さかった。透湿性は、大きい順に、sampleN, sampleL,

sampleMであった。吸水性はその逆で、いずれも大きい値ではあるが、大きい順にsampleM, sampleL, sampleNであった。いずれの試料も、撥水性は0であった。

つまり、化学改質sampleMは、レギュラーナイロンsampleLに比べ、含気率がやや小さいが、保温性は同程度で、通気性、透湿性は小さく、吸水性は大きかった。sampleNはsampleMに比べ、含気率がやや大きいが保温性は小さく、通気性、透湿性がやや良いが、吸水性はやや小さかった。

Fig. 2 に、sampleLの衣服上、衣服下の温度の変化を示した。いずれも3回の着用実験の平均値であり、以後も同様である。背の衣服下温度は約34°Cで歩行運動の9分後には、筋活動による熱産生のため温度が上昇し、後、発汗による蒸発熱放散のため温度は低下し、後上昇し元の状態に戻っていった。胸部では温度がやや低めであったが、ほぼ同様の傾向を示した。衣服表面の温度は、衣服下温度より約5°C低く、ほぼ同様の傾向を示したが、その動きはやや大きく、背部と胸部の温度差もやや大きかった。

Fig. 3 に、sampleMの衣服上、衣服下の温度の変化を示した。背と胸の衣服下温度は、sampleLとほとんど同じ傾向を示した。Fig. 2 のsampleLの結果に比べ、胸の衣服下温度がやや低く、背部の衣服表面の温度がやや高いが、その他はほとんど同じ傾向であった。

Fig. 4 に、sampleNの衣服上、衣服下の温度の変化を

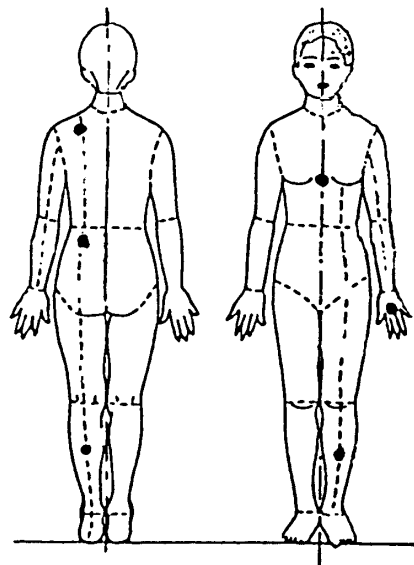


Fig.1 Measuring point of mean skin temperature

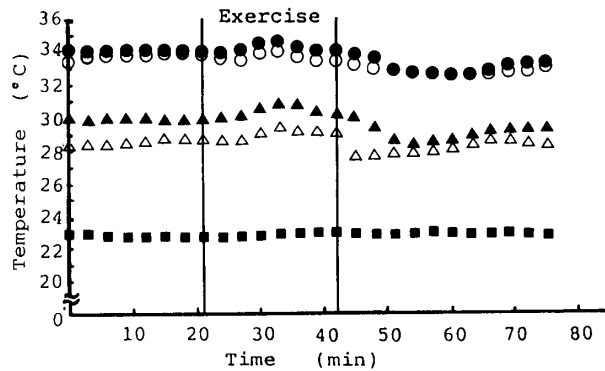


Fig. 2 Temperature in microclimate of sample L clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

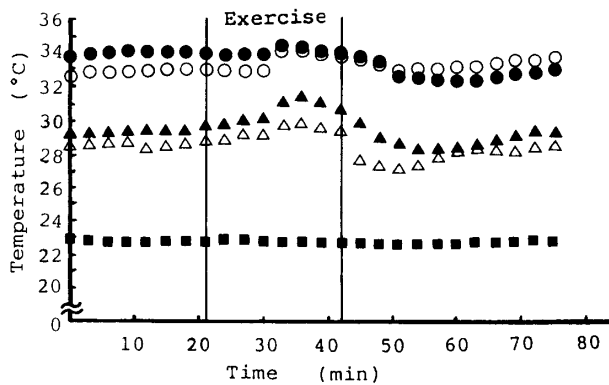


Fig. 3 Temperature in microclimate of sample M clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

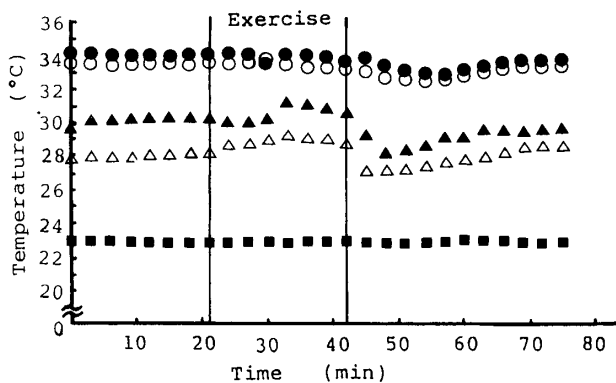


Fig. 4 Temperature in microclimate of sample N clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

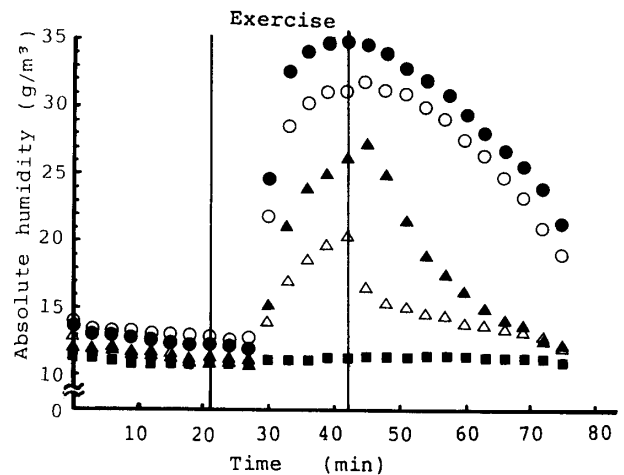


Fig. 5 Absolute humidity in microclimate of sample L clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

示した。Fig. 2 のsampleLの結果に比べると、運動による発汗の衣服下の温度上昇やその後の温度低下が小さいが、背部および胸部の衣服表面の温度や全体的変化は、ほぼ同様の傾向であった。3 試料とも温度の変化はかなり類似していた。

Fig. 5 に、sampleLの衣服上、衣服下の絶対湿度の変化を示した。絶対湿度は、運動開始約9分後から上昇し、運動終了時あるいはその3分後に最大値に達し、後減少しているが、衣服下の湿度は75分時でも元の状態に戻らなかった。絶対湿度は高い順に、背、胸、背部の衣服表面、胸部の衣服表面となっていた。衣服下湿度の変化は、運動による発汗量の変化と、水分の拡散移動によると考えられる。

Fig. 6 に、sampleMの衣服上、衣服下の絶対湿度の変化を示した。Fig. 5 のsampleLの胸の最大値は、 35g/m^3 であったが、sampleMは 33g/m^3 で、他の絶対湿度も全体的に低く、変化傾向は類似していた。

Fig. 7 に、sampleNの衣服上、衣服下の絶対湿度の変化を示した。sampleNの胸の絶対湿度の最大値は 30.5g/m^3 で、他の絶対湿度も全体的に低下していた。運動後において、背、胸の衣服下の絶対湿度の低下が大きい傾向がみられた。

Fig. 8 に、実験中の心拍数の変化を示した。運動を始めると急激に上昇し、中止するとすぐに下降していった。3 試料とも心拍数は同程度であった。

Fig. 9 に、実験中の口腔温の変化を示した。運動終了

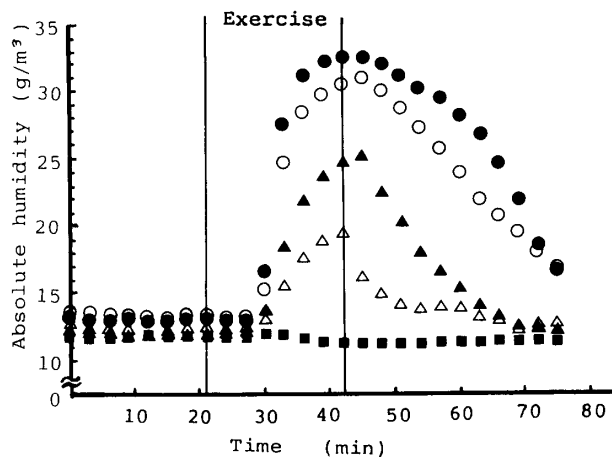


Fig.6 Absolute humidity in microclimate of sample M clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

直後に口腔温はかなり低下し、後徐々に元の温度に戻っていった。運動直後の温度低下は、舌下の血流や鼻を通じて増加した換気による影響と考えられる。試料間の値には、大きな違いはみられなかった。

Fig. 10に、実験中の平均皮膚温の変化を示した。運動開始前は33.6°C前後であったが、歩行運動を開始すると急に低下し、後やや上昇し、運動終了後、さらに徐々に上昇し、34°C前後で一定となった。sampleLの平均皮膚温が全体的にやや高く、吸湿性および吸水性合成繊維のsampleMとsampleNとは低く、2者はほとんど同じ傾向を示した。

Fig. 11に、実験中の体重減少量の変化を示した。人体天秤下への液体の汗の滴下はなかったため、体重減少量は、体表面および衣服表面からの総蒸発量に相当すると考えられる。歩行運動前に比べ、運動後は発汗のため急激な体重減少が生じた。実験終了時の総蒸発量はsampleLが約105gと多く、sampleMは約83g、sampleNは約81gと、吸湿性および吸水性新素材の2試料はかなり少なかった。これらは、Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7の各試料の衣服上、衣服下の絶対湿度変化とよく対応していた。またFig. 10の平均皮膚温がやや高いsampleLが体重減少量が大きく、よく対応していた。

Fig. 12に、被験者の発汗感覚の変化を示した。暑熱負荷による体熱放散の手段として最も有効な温熱性発汗は、かなり部位差があり、また、個人差があるとされている。この被験者は、運動開始9分後の30分時に発汗を感じて

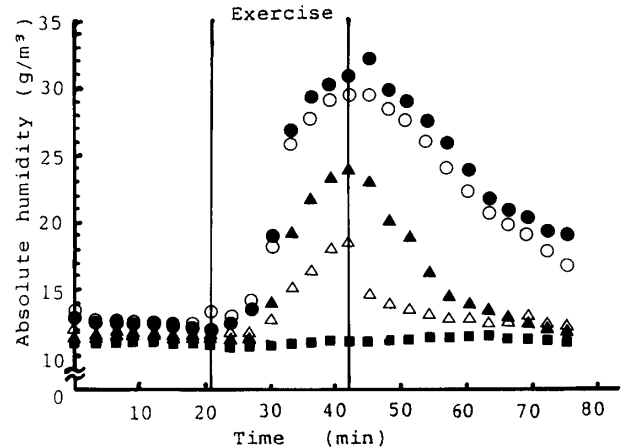


Fig.7 Absolute humidity in microclimate of sample N clothed subject. (Mean value)

○ Chest △ Surface of the shirt at chest
● Back ▲ Surface of the shirt at back
■ Environment

おり、衣服下の温度と湿度の上昇結果とよく対応しており、発汗を敏感に感じとれることがわかる。発汗感覚は、感じはじめると急激に上昇し、運動終了時に最大値に達し、後急激に低下していた。sampleLの発汗感覚は大きく、sampleMとsampleNは小さく、Fig. 11の総蒸発量としての体重減少量ともよく対応していた。

Fig. 13に、被験者のシャツの濡れ・湿り感の変化を示した。いずれの試料も吸水性は大きいですが、被験者はシャツの濡れ・湿り感とはとらえにくいと報告していた。sampleLの濡れ・湿り感を一番大きく感じており、sampleMとsampleNは、あまり違いを感じていなかった。これらは、発汗感覚と同傾向を示しているといえる。

Fig. 14に、被験者の温冷感覚の変化を示した。歩行運動前は、sampleLは暖かくも涼しくもないであるが、sampleMはやや暖かく感じており、sampleNはその中間状態であった。歩行運動を開始すると、3試料とも同程度に暑い方へ上昇していくが、発汗を感じはじめる30分時から実験終了時までには、sampleL着用時が一番暑く感じていた。sampleMとsampleNは、運動終了時に暑いと感じるが、運動終了直後から急激に温冷感覚は低下し、50分頃からはわずかに涼しい方へ感じていた。

Fig. 15に、被験者の直感的快適感覚の変化を示した。歩行運動開始9分後、つまり発汗がはじまる時から発汗感覚の上昇よりややおくれで快適感覚が低下し出し、運動終了時に最大の不快感を感じ、運動終了後は不快感は低下していった。sampleMとsampleNは、不快感はあま

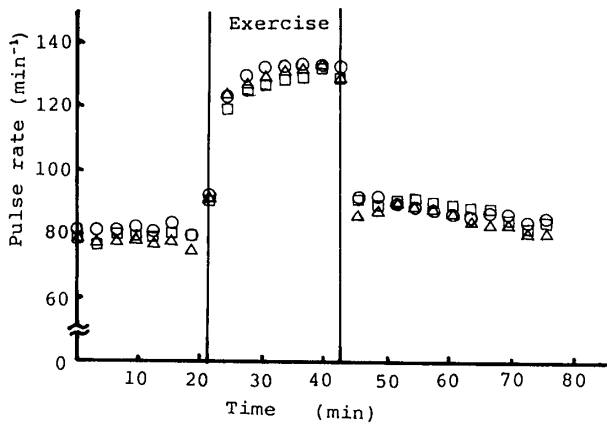


Fig.8 Pulse rate during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

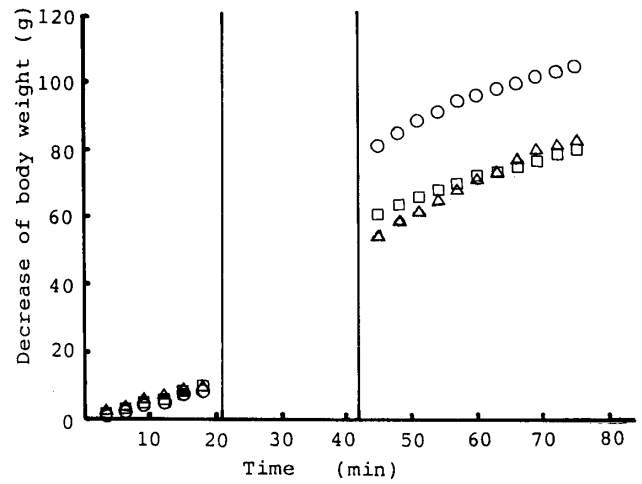


Fig.11 Decrease of body weight during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

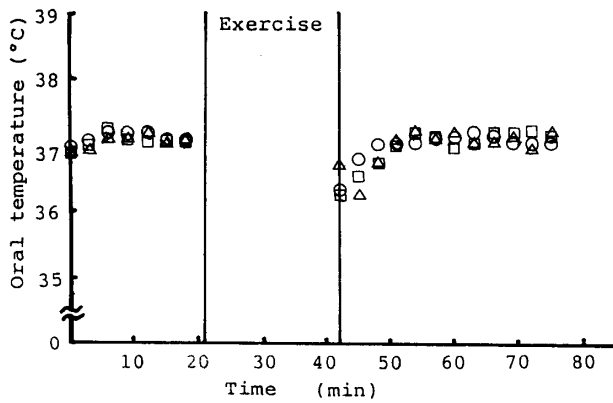


Fig.9 Oral temperature during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

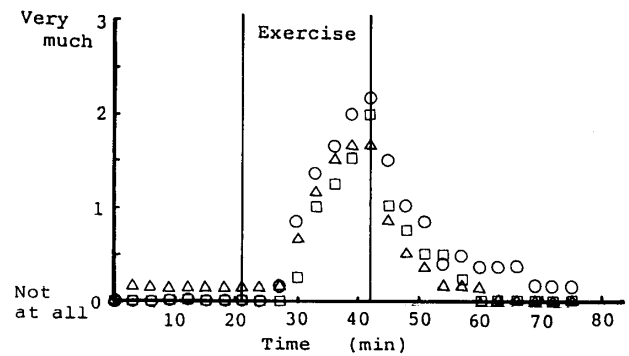


Fig.12 Sense of sweating during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

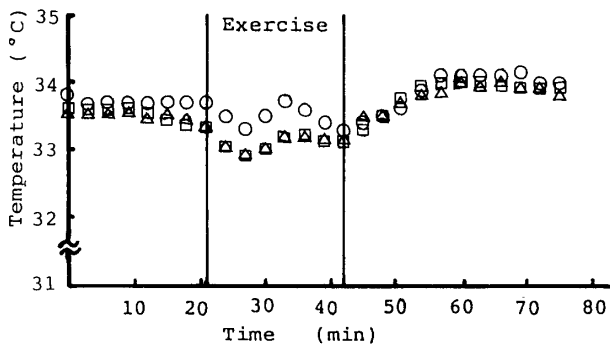


Fig.10 Mean skin temperature during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

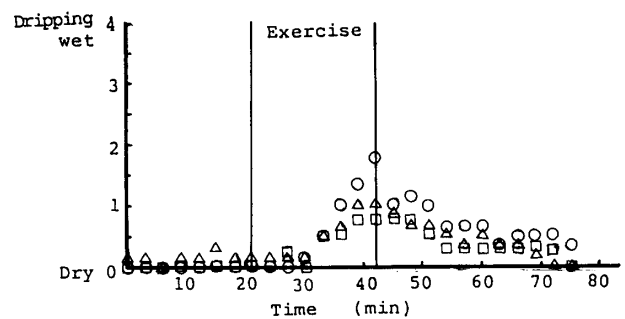


Fig.13 Sense of soaking during experiment. (Mean value)
○ Sample L △ Sample M □ Sample N

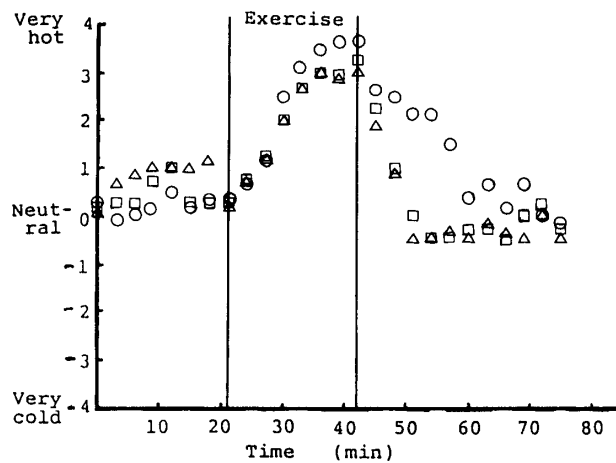


Fig.14 Thermal sensation during experiment.

(Mean value)

○ Sample L △ Sample M □ Sample N

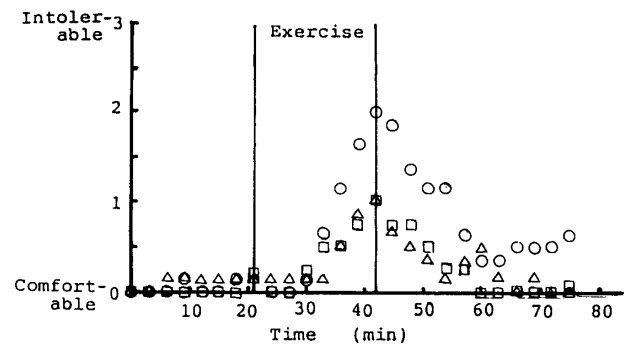


Fig.15 Comfort sensation during experiment.

(Mean value)

○ Sample L △ Sample M □ Sample N

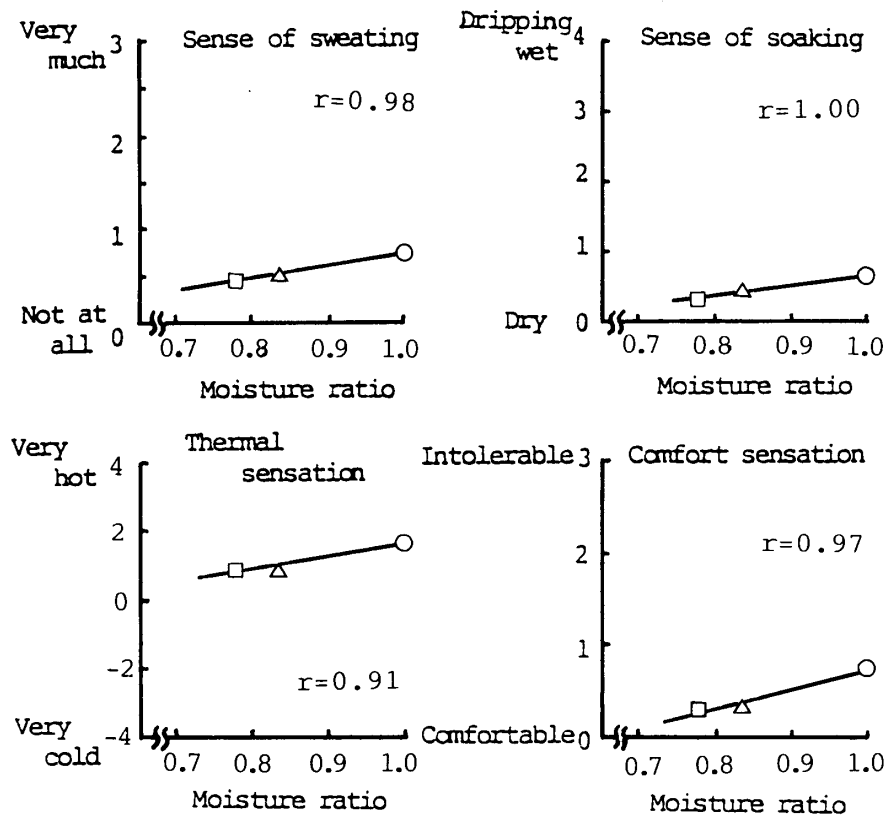


Fig.16 Relationship between subjective sensation and the ratio of moisture content in clothing.

(Scale of sensation is in Table 1)

○ Sample L △ Sample M □ Sample N

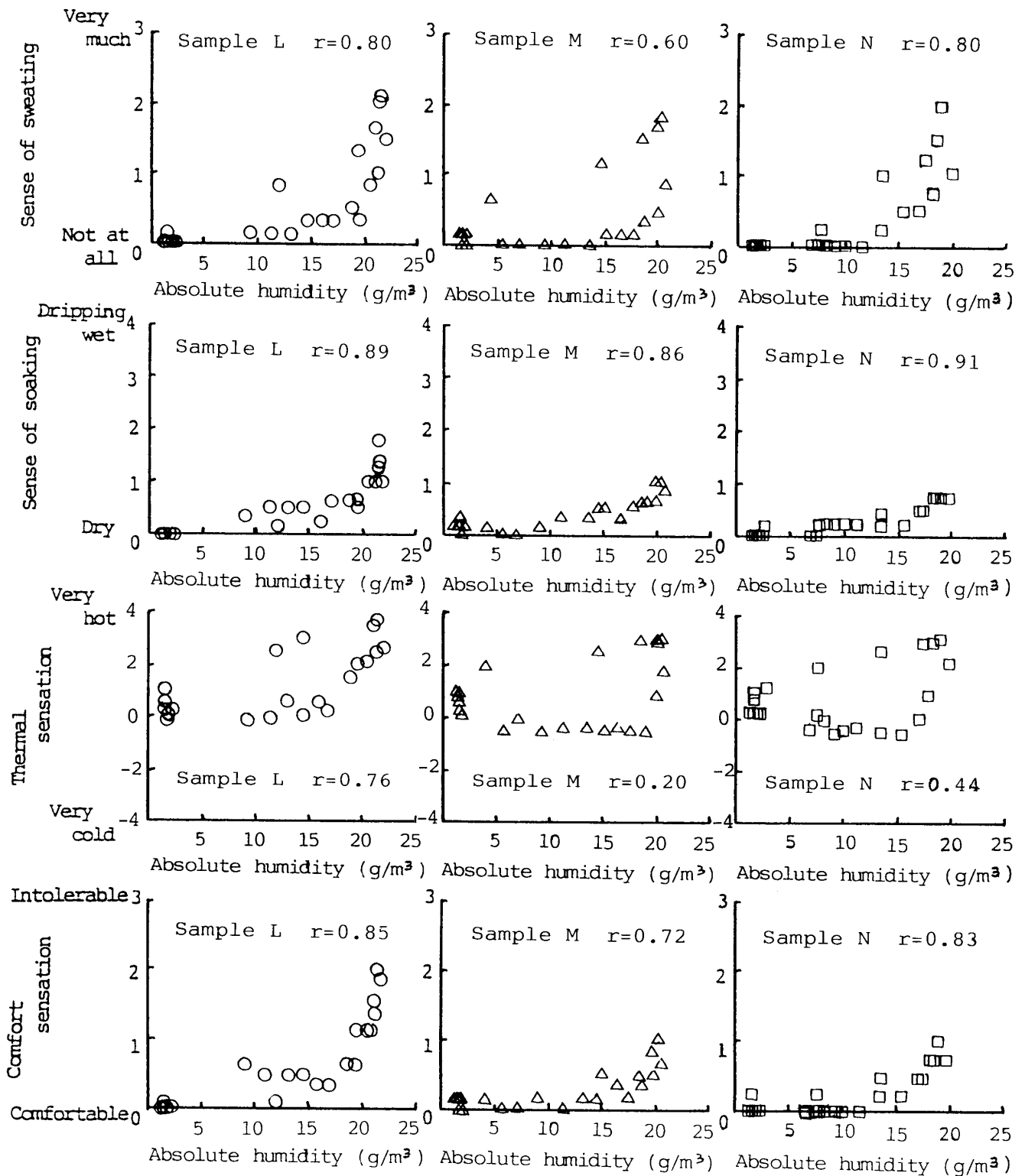


Fig.17 Relationship between subjective sensation and absolute humidity in clothing.
(Scale of sensation is in Table 1)

り大きくなく、かつほぼ同程度であるが、sampleLは非常に大きな不快感を示し、運動終了後の不快感の回復がかなり悪いことがわかった。レギュラーナイロンsampleLに比べ、吸湿性および吸水性合成繊維のsampleMやsampleNは、物理的性質に著しく大きな違いがみられなくても、発汗が小さく、不快感も小さいことがわかった。

歩行運動開始時から75分までの絶対湿度曲線で、胸部の衣服下と環境との曲線で囲まれた面積を胸部の水分量とし、背部の曲線による同様の面積を背部の水分量とし、これらの平均値を衣服内水分量とする

Fig.16に、sampleLを基準とした時の衣服内水分量の比率と、この期間のそれぞれの感覚の平均値とで、各試料についてプロットしたものを示す。どの主観的感覚の場合も、かなり高い相関を示したが、温冷感覚が一番相関が低かった。

同様に、歩行運動開始時から75分までの絶対湿度曲線で、胸部の衣服下と環境との各時点での絶対湿度差、および背部の同様の湿度差を求め、その平均値をその時点での衣服内水分量とする。

Fig.17に、この衣服内水分量とその時の各主観的感覚との関係を見たものを示す。発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感および快適感覚は、いずれの試料も相関が大きく、衣服内水分量が主観的感覚に非常に大きな影響を及ぼしていることが分かった。しかし、温冷感覚では、sampleLは相関が大きいが、sampleM、sampleNは相関が小さかった。それは、運動終了後の絶対湿度と温冷感覚とのヒステリシスが大きかったことに関係すると思われる。

試料の物理的性質の差は小さいものの、被験者の発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感、温冷感覚、快適感覚には、レギュラーナイロンと化学改質ナイロンおよび異形断面ナイロンとの間に差がみられた。

IV 結 論

レギュラーナイロンsampleL、吸汗性合成繊維として化学改質ナイロンsampleM、および異形断面ナイロンsampleNを用い、長袖、丸首のシャツを作製し、運動時およびその前後における、衣服下、衣服上の温度・湿度変化を測定した。また、着用実験中、発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感、温冷感覚、快適感覚など被験者の主観的感覚について申告してもらった。着用者の衣服下気候と各種主観的感覚つまり着心地について検討した。その結果、次のようなことが明らかになった。

- 1) 3種類の試料は、透湿性、吸水性、通気性、保温性に少しずつ差がみられた。

- 2) 衣服下温度は、運動負荷によりやや上昇し、発汗が生じるとその蒸発熱のため、温度は下降していくが、温度の変化は試料間にあまり差がみられなかった。
- 3) 絶対湿度は、運動による発汗により、運動開始約9分後から著しく増加し、後、徐々に低下し放湿されていくが、絶対湿度の大きい順は、sampleL、sampleM、sampleNであった。
- 4) 被験者は、運動開始約9分後から発汗を感じているが、これは、温冷感覚および衣服下の温度と絶対湿度の上昇傾向と対応していた。
- 5) 発汗感覚が大きくなると不快感は増大するが、sampleLの不快感sampleMおよびsampleNに比べ大きかった。これは、衣服下の絶対湿度の大ききとよく対応していた。
- 6) 総蒸発量としての体重減少量は、温度および絶対湿度の変化とよく対応していた。
- 7) 被験者の発汗感覚、シャツの濡れ・湿り感、快適感覚は、衣服内水分量に大きく影響されていた。
- 8) 試料の物理的性質の差は小さいが、被験者の4つの主観的感覚には、レギュラーナイロンと化学改質および異形断面ナイロンとの間に差がみられた。

本研究は、平成元年度および平成2年度文部省科学研究費補助金（一般研究C）を受けて行われたものである。

謝 辞

御指導下さいましたお茶の水女子大学教授中島利誠先生、御助言下さいました本学教授奥山春彦先生に感謝致します。

文 献

- 1) 三ッ井紀子，酒井豊子，中島利誠
運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす繊維の影響
日本生気象学会誌，**23**，35－42，(1986)
- 2) 三ッ井紀子，中島利誠
運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす布物性の影響
日本生気象学会誌，**26**，41－48，(1989)
- 3) 三ッ井紀子，中島利誠
衣服素材の衣服下気候と着心地に及ぼす影響
日本生気象学会誌，**28**，印刷中，(1991)
- 4) 三ッ井紀子，酒井豊子

繰り返し着用後のスリッパ・シャツの吸湿性，吸水性と油脂成分抽出量
繊維製品消費科学会誌，**29**，141－145，(1988)

5) 三ッ井紀子，
発汗状態下での湿度測定法
昭和女子大学生生活美学紀要，559号，58－65，(1986)